

산불발생지역에서 상부토층의 공학적 특성 변화

송영석^{1*} · 채병곤¹ · 김경수¹

¹한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

Change for Engineering Properties of Top Soils in the Wildfire Area

Young-Suk Song^{1*}, Byung-Gon Chae¹, and Kyoung-Su Kim¹

¹Geological & Environmental Hazards Div., Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

산불이 발생될 경우 상부 토층의 공학적 특성을 변화시키게 되고, 이러한 변화는 산사태의 발생요인으로 작용하게 된다. 산불로 인한 토질의 공학적 특성변화를 조사하기 위하여 토질시료를 채취하여 각종 토질시험을 실시하였다. 토질시료는 최근 산불이 발생된 강원도 양양일대에서 채취하였다. 그리고 산불로 인하여 상부토층이 연소된 정도에 따라 완전연소구간, 중간연소구간, 산불 미발생구간으로 구분하여 채취하였다. 각 구간에서의 토질시험결과, 완전 및 중간연소구간에서의 비중과 건조단위중량은 산불 미발생구간에서 보다 작게 발생된다. 이는 산불로 인하여 흡입자의 전기력 및 이온 성분 변화와 토질 내 유기물이 연소되어 발생된 것으로 판단된다. 투수계수는 중간연소구간에서 가장 작게 나타나고, 완전연소구간에서는 가장 크게 나타난다. 산불이 발생될 경우 토층상부에는 불투수성의 막이 형성되는데 이는 중간연소구간에서는 존재하지만 완전연소구간에서는 붕괴가 발생된다. 즉, 약 400°C이상의 높은 온도에서는 불투수성의 막이 붕괴가 일어남을 알 수 있다.

주요어 : 양양지역, 산불, 연소등급, 토질특성, 불투수층

The engineering properties of surface soils in natural terrain are changed due to wildfire. This change of engineering properties induced by wildfire is related to landslides occurrence. To investigate the change of soil properties caused by wildfire, the various soil tests are performed. The soil samples are obtained from the recently burned slopes of Yangyang area, Kangwon Province. The soil samples obtained from the burned slopes are classified into three types depending on the burning grade: the perfect burning grade, the intermediate burning grade, the non-burning grade. As the result of tests, the specific gravity and the dry unit weight of soils obtained from perfect and alternative burning grades are less than those of soils obtained from non-burning grade. It judges that an electronic force, ionic components and of soils are changed and organic matters in soils are burned by wildfire. The permeability of soil obtained from alternative burning grade is the lowest and that of soil obtained from perfect burning grade is the highest. The water-repellent layer is formed on soil surface by wildfire. The water-repellent layer is existed at the area of alternative burning grade, while the layer is not existed at the area of perfect burning grade. The water-repellent layer is collapsed in high temperature more than about 400°C.

Key words : Yangyang area, wildfire, burning grade, soil properties, water-repellent layer

서 론

우리나라는 최근 5년간(2000년-2004년) 연평균 586건, 6,621ha의 산불이 발생하였으며, 이중 봄철 산불은 건수

대비 89%, 면적대비 99%를 차지하고 있다. Table 1은 최근 5년간 발생한 산불건수 및 면적을 나타낸 것이다. 이와 같은 산불의 원인으로는 입산자 실화, 논밭두렁 소각, 담뱃불 실화, 쓰레기 소각 등에 의하여 발생되고 있

*Corresponding author: yssong@kigam.re.kr

Table 1. Wildfire occurrence in recent 5 years.

content	year	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Annual occurrence No. of wildfire (ea)		729	785	599	271	537	586
Annual occurrence area of wildfire (ha)		25,953	963	4,467	133	1,586	6,621

다(산림청, 2005).

지난 2005년 4월 4일 발생한 양양 산불화재 사고는 다행히 인명피해는 없었지만 많은 피해를 남기고 진화되었다. 산불발생상황을 살펴보면 2005년 4월 4일 오후 11시경 양양군 양양읍 화일리에서 최초 발화되어 4월 5일 오전 10시경 초등진화를 하고 잔불정리 중이었으나, 오후 2시 30분경 화일리 일대에서 강풍으로 재발화되어 속초시 대포동 방향으로 확산되었으며, 4월 6일 오전 8시경 큰불이 완전 진화되었다. 이로 인하여 낙산사의 각종 문화재를 비롯하여 건물 232개동이 전소하였으며, 116세대 371명의 이재민이 발생되었다(박동균, 2005). 발생원인은 아직 구체적으로는 밝혀지지 않았지만 운행중인 자동차 운전자가 무심코 던진 담뱃불에 의한 것으로 추정되고 있다.

강원도 양양군 지역은 기상(Fohn현상과 해풍), 임상(소나무), 지형(급경사) 등의 요인으로 대형재난으로 이어질 가능성이 높은 지역으로 과거에도 수차례 대형산불이 발생한 지역이다. 지난 1995년 이후 10년간 강원 지역에서 발생한 산불은 모두 521건으로 피해면적은 약 27,000ha이다.

산불은 산림내 피복물을 소각시킴으로서 토양이 노출되므로 표토의 수분흡수능력을 저하시키고, 지표유출을 증대시켜 토양침식을 가속화시키게 된다. 산불은 토양입자 결합력의 안정성, 공극의 크기와 분포, 수분반발력과 표면 유출수 반응과 같은 물리적 성질이나, 양분 유효도와 무기화율, 토양 pH, 토양 C:N비율 등과 같은 화학적 성질, 그리고 생산력, 미생물 구성원과 탄소흡수 등과 같은 생물학적 성질에 다양한 변화를 일으킬 수 있다(Certini, 2005; Doerr & Cerda, 2005).

Bissonnais and Michael(1992)은 산불이 발생되면 토양표면에 크러스트가 형성되어 물의 침투능을 감소시키고 이로 인한 유출의 증가가 표토의 침식을 유발한다고 하였다. 산불이 발생하게 되면 강우시 상부토층의 침식과 연소된 토질의 이동이 증가하게 되며, 이로 인하여 산사태의 발생이 유발되어 진다. Cannon et al.(2001)은 현장조사 및 계측자료를 바탕으로 산불로 인하여 발생되는 토석류(debris flow) 산사태의 발생원인 및 진행과정을 제시한 바 있다.

산불이 발생될 경우 상부 토층의 공학적 특성을 변화시키게 되고, 이러한 변화는 산사태의 발생요인으로 작용하게 된다. 그러나 산불로 인한 토질의 공학적 특성변화에 대한 연구는 매우 미진한 편이며, 국내의 경우에는 진무하다. 따라서 2005년 산불이 발생한 강원도 양양일대를 대상으로 토질시료를 채취하여 각종 토질시험을 실시하였다. 이를 위하여 산불이 일어난 발생직 후 현장을 방문하여 완전연소구간, 중간연소지역, 산불미발생구간을 대상으로 각각 시료를 채취하였다. 그리고 채취된 시료는 각종 토질시험을 통하여 산불지역 토질의 물리적 및 공학적 특성을 조사하였다. 이와 같이 조사된 실험결과를 통하여 산불로 인하여 변화되는 토질의 공학적 특성을 산불발생정도에 따라 비교 고찰하고자 한다.

현장개요 및 시료채취

산불이 발생될 경우 상부 토층의 공학적 특성을 변화시키게 되고, 이러한 변화는 산사태의 발생요인으로 작용하게 된다. 따라서 산불이 발생한 강원도 양양일대를 대상으로 현장조사를 실시하고, 토질시료를 채취하여 각종 토질시험을 실시하고자 한다. 토질시험의 목적은 산불로 인한 토질의 특성변화를 조사하고 규명하는 것이다. 이를 위하여 토질시료의 채취위치를 산불의 발생정도에 따라 세가지로 구분하였다. 즉, 완전연소 구간, 중간연소 구간, 미연소 구간으로 구분하여 시료채취를 실시하였으며, 교란시료와 비교란시료로 구분하여 채취하였다.

Fig. 1은 현장조사를 통하여 도시된 강원도 양양일대 산불발생지역 및 토질시료채취위치를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 완전연소구간은 붉은색, 중간연소구간은 노란색으로 도시하였으며, 산불미발생구간은 표시를 하지 않았다. 그리고 시료채취는 총 8개 위치에서 실시되었으며, Table 2는 각각의 구간에서 시료채취 위치를 정리한 것이다. Fig. 및 Table에서 보는 바와 같이 완전연소구간(YY-2, YY-5, YY-6) 및 중간연소구간(YY-1, YY-4, YY-7)에서는 각각 3개 위치에서 시료를 채취하였고, 산불미발생구간(YY-3, YY-8)에서는 2개 위치에서 시료를 채취하였다.

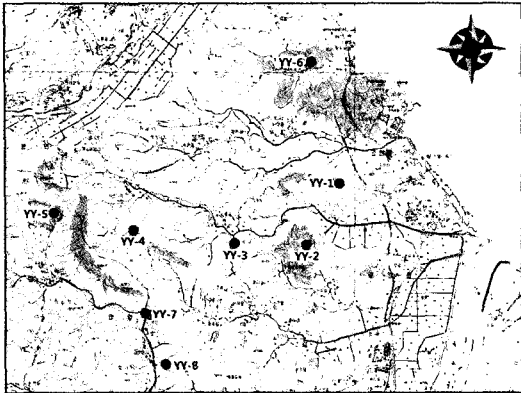


Fig. 1. Wildfire occurrence area and locations of soil sample.

Table 2. Locations of soil sample.

Classification	Location
perfect burning grade	YY-2, YY-5, YY-6
intermediate burning grade	YY-1, YY-4, YY-7
non-burning grade	YY-3, YY-8

Fig. 2는 산불발생 직후 산불발생지역(YY-6)의 전경을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 완전연소구간의 경우 나무의 상부까지 검게 연소된 것을 볼 수 있으며, 중간연소구간의 경우 나무의 하부만 검게 연소되고 상부는 갈색으로 연소가 완전하게 진행되지 않았음을 나타내고 있다. 그리고, Fig. 3 및 Fig. 4는 완전연소구간(YY-6) 및 중간연소구간(YY-5)에서의 토층을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 완전연소구간의 토층상부가 타고 남은 잿더미의 색이 보다 더 진함을 알 수 있다.

Fig. 5는 완전연소구간인 YY-5의 토층을 나타낸 것으로 지표면으로부터 약 10 cm 정도까지 산불의 영향으로



Fig. 3. Top soils in the perfect burning grade section.



Fig. 4. Top soils in the intermediate burning grade section.

인하여 토질의 색이 변화되어 있는 모습을 볼 수 있다. 현장조사결과 산불의 영향을 받는 토층의 깊이는 5~30 cm 범위이며, 평균 20 cm 정도인 것으로 조사되었다.

강원도 양양일대 산불지역에 대한 토층의 물리적 및



Fig. 2. Landscape of the slope immediately after wildfire (YY-6).

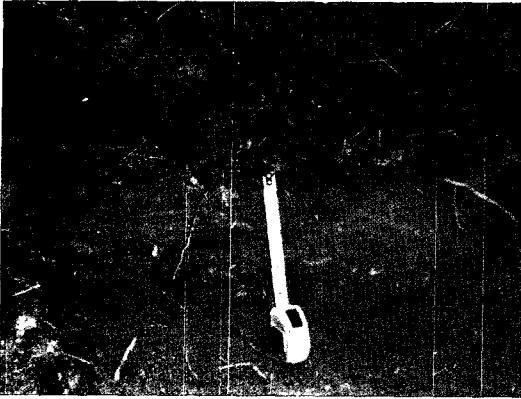


Fig. 5. Soil layer influenced by wildfire.

공학적 특성을 파악하기 위하여 총 8개소에서 토층시료를 채취하였다. 시료는 산불로 인한 연소정도, 토층분포 등을 반영하고 가급적 단위면적당의 밀도비를 고려함으로써 토층의 특성이 균등하게 반영될 수 있도록 하였다. 원지반의 토층시료는 표토를 제거하지 않고 상부에서부터 불교란 및 교란시료로 구분하여 채취하였다. Fig. 6~Fig. 8은 대상현장에서 실제 토질을 채취하는 모습을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 불교란 시료는 스테인레스로 제작된 원통형 샘플러(stainless ring sampler)를 이용하여 채취하였으며, 상부 산불로 인하여 변색된 토층을 채취하기 위하여 표토를 제거하지 않았다(Fig. 6). 원통형 샘플러는 내경 10 cm, 높이 13 cm 크기의 투수시험용과 내경 10 cm, 높이 6 cm 크기의 기타 시험용으로 구분하여 채취하였다. 교란시료의 경우는 비닐백을 사용하였다. 모든 시료는 현장조건이 최대한 유지 되도록 밀봉한 상태의 시료를 실험실로 운반하였다(Fig. 7).

구간별 토질시험 결과

산불로 인한 연소등급에 따라 완전연소구간, 중간연소구간 및 산불미발생구간으로 구분하였으며, 각각의 위치에서 채취한 토층시료를 이용하여 각종 토질시험을 실시하였다. 교란시료를 이용하여 비중, 함수비, 입도분석 등을 측정하였다. 그리고 불교란 시료에 대하여 실내 밀도시험, 직접전단시험 및 변수위 투수시험을 실시하여 간극비, 간극율, 포화도, 전단강도 및 투수계수를 측정하였다. 대상지역의 완전연소구간, 중간연소구간 및 산불미발생구간의 토질은 모두 화강암풍화토이며, 대부분 비소성(non-plastic)인 것으로 나타났다.



Fig. 6. Undisturbed soil sampling using the cylindrical sampler.

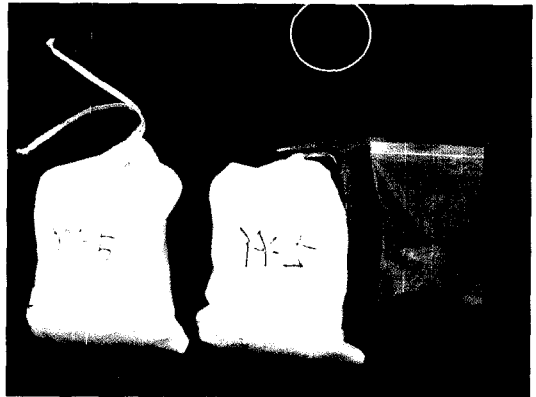
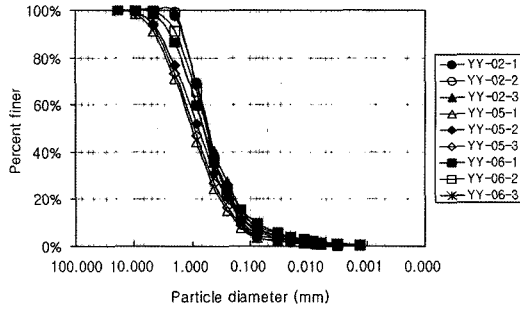


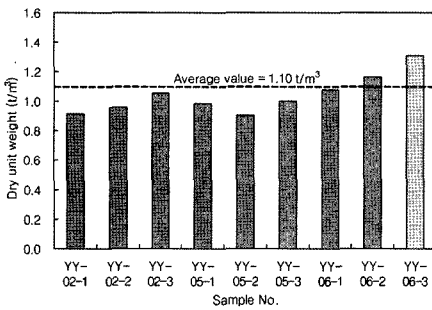
Fig. 7. Sealing up the disturbed and undisturbed soils.

완전연소구간

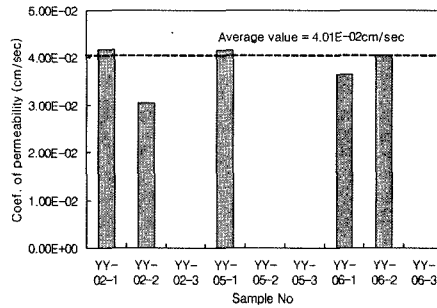
Fig. 8은 대상지역 완전연소구간의 토층시료에 대한 토질시험결과를 나타낸 것이다. Fig. 8(a)은 각 위치별 완전연소구간에서의 토층시료에 대한 입도분포곡선을 나타낸 것이다. 입도분석결과에 의하면 모래의 함유비는 87.73~95.65%의 범위에 있으며, 평균 90.79%로서 토층시료의 거의 대부분이 모래로 구성되어 있음을 알 수 있다. 자갈의 함유비는 평균 4.09%로서 매우 낮은 편이며, 실트 및 점토의 함유량은 평균 6.88%인 것으로 나타났다. 통일분류법에 의하면 완전연소구간의 토질은 입도가 양호 혹은 불량한 모래로 구분된다. Fig. 8(b)는 대상지역 완전연소구간의 토층시료에 대한 건조단위중량을 나타낸 것으로, 건조단위중량은 $0.90\sim 1.31\text{t/m}^3$ 범위에 있으며, 평균 1.10t/m^3 의 값을 갖는다. 그리고 Fig. 8(c)는 완전연소구간 토층시료에 대한 투수시험결과를 나타낸 것으로, 투수계수는 $3.05\times 10^{-2}\sim 4.18\times 10^{-2}\text{cm/sec}$



(a) Grain size distribution curve



(b) Dry unit weight



(c) Coefficient of permeability

Fig. 8. Result of tests in the perfect burning grade section.

범위에 존재하고, 평균 4.01×10^{-2} cm/sec의 값을 갖는다.

완전연소구간의 토층시료에 대한 비중은 2.49~2.63의 범위에 있으며, 평균 2.57인 것으로 나타났다. 이는 일반적인 모래의 비중보다 약간 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 직접전단시험을 통하여 구한 전단강도의 경우 점착력은 $0.29\text{--}0.53\text{t/m}^2$, 내부마찰각은 $32.10\text{--}34.20^\circ$ 의 범위에 있으며, 평균 점착력은 0.39t/m^2 , 내부마찰각은 33.50° 의 값을 갖는다.

중간연소구간

Fig. 9는 대상지역 중간연소구간의 토층시료에 대한 토질시험결과를 나타낸 것이다. Fig. 9(a)는 각 위치별 중간연소구간에서의 토층시료에 대한 입도분포곡선을 나타낸 것이다. 입도분석결과에 의하면 모래의 함유비는 79.29~96.03%의 범위에 있으며, 평균 89.58%로서 토층시료의 거의 대부분이 모래로 구성되어 있음을 알 수 있다. 자갈의 함유비는 평균 4.20%로서 매우 낮은 편이며, 실트 및 점토의 함유량은 평균 9.14%인 것으로 나타났다. 통일분류법에 의하면 중간연소구간의 토질은 입도가 양호 혹은 불량한 모래로 구분된다. Fig. 9(b)는 대상지역 중간연소구간의 토층시료에 대한 건조단위중

량을 나타낸 것으로 건조단위중량은 $0.91\text{--}1.24\text{t/m}^3$ 범위에 있으며, 평균 1.09t/m^3 의 값을 갖는다. 그리고 Fig. 9(c)는 중간연소구간 토층시료에 대한 투수시험결과를 나타낸 것으로, 투수계수는 $8.30 \times 10^{-3}\text{--}2.88 \times 10^{-2}$ cm/sec 범위에 존재하고, 평균 1.47×10^{-2} cm/sec의 값을 갖는다.

중간연소구간의 토층시료에 대한 비중은 2.54~2.59의 범위에 있으며, 평균 2.57인 것으로 나타났다. 직접전단 시험을 통하여 구한 전단강도의 경우 점착력은 $0.23\text{--}0.64\text{t/m}^2$, 내부마찰각은 $30.30\text{--}34.10^\circ$ 의 범위에 있으며, 평균 점착력은 0.50t/m^2 , 내부마찰각은 32.60° 의 값을 갖는다.

산불미발생구간

Fig. 10은 대상지역 산불미발생구간의 토층시료에 대한 토질시험결과를 나타낸 것이다. Fig. 10(a)는 각 위치별 산불미발생구간에서의 토층시료에 대한 입도분포곡선을 나타낸 것이다. 입도분석결과에 의하면 모래의 함유비는 89.36~95.78%의 범위에 있으며, 평균 93.0%로서 토층시료의 거의 대부분이 모래로 구성되어 있음을 알 수 있다. 자갈의 함유비는 평균 3.36%로서 매우 낮은 편이며, 실트 및 점토의 함유량은 평균 4.91%인 것

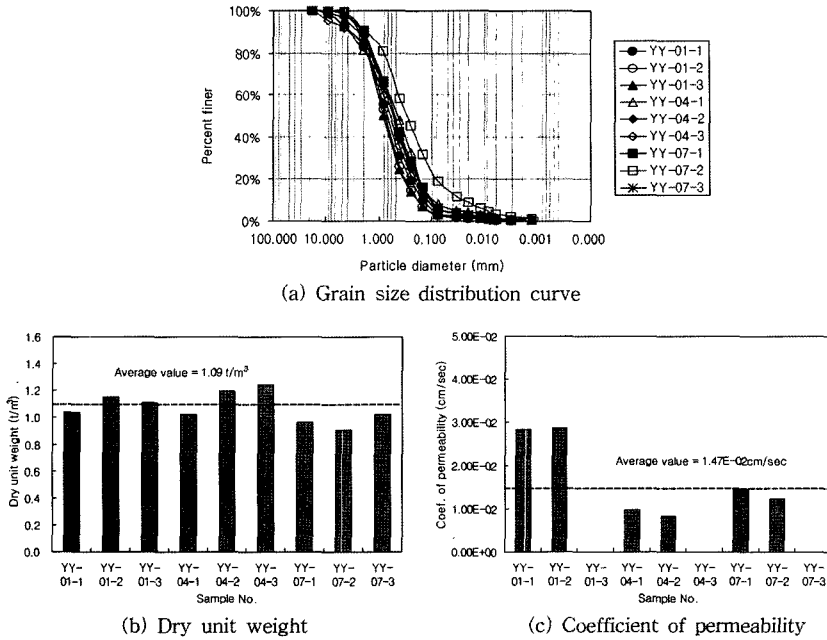


Fig. 9. Result of tests in the intermediate burning grade section.

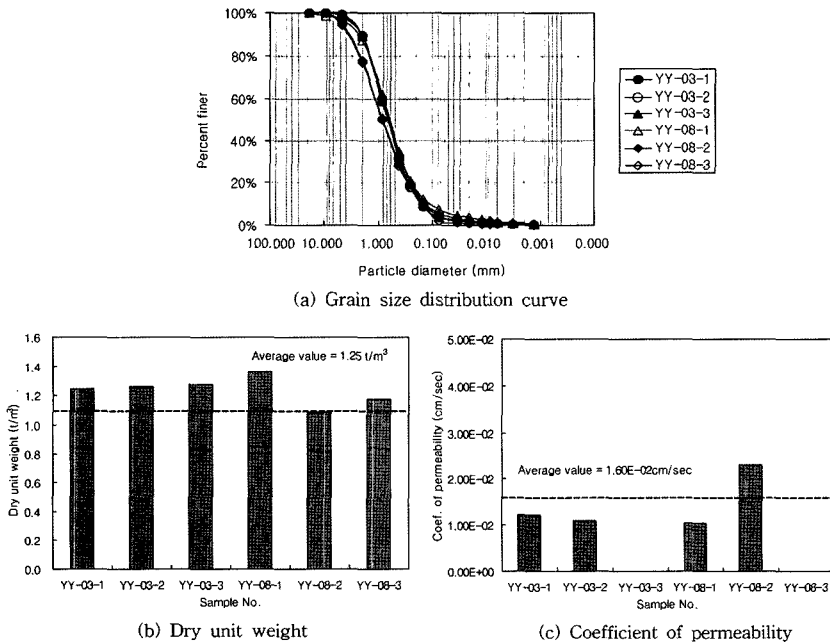


Fig. 10. Result of tests in the non-burning grade section.

으로 나타났다. Fig. 10(b)는 대상지역 산불미발생구간의 토층시료에 대한 건조단위중량을 나타낸 것으로, 건조단위중량은 1.09~1.36t/m³ 범위에 있으며, 평균 1.25t/m³의

값을 갖는다. 그리고 Fig. 10(c)는 산불미발생구간의 토층시료의 투수계수는 1.05×10⁻²~2.31×10⁻²cm/sec 범위에 존재하고, 평균 1.60×10⁻² cm/sec의 값을 갖는다. 위의

평균값은 Das(1998)에 의해 제안된 굵은 모래의 투수계수에 해당함을 알 수 있다.

산불미발생구간의 토층시료에 대한 비중은 2.65~2.68의 범위에 있으며, 평균 2.67인 것으로 나타났다. 이는 모암인 화강암의 비중과 유사하며, 일반적인 모래의 비중과도 거의 같다. 직접전단시험을 통하여 구한 전단강도의 경우 점착력은 0.27~0.71t/m², 내부마찰각은 34.70~35.20°의 범위에 있으며, 평균 점착력은 0.56t/m², 내부마찰각은 35.00°의 값을 갖는다.

분석 및 고찰

Ahlgren & Ahlgren(1960)은 산사태 발생도중 표토의 온도와 열은 매우 높아지기 때문에 토층의 성질 및 화학적 변화에 직접적으로 영향을 준다고 하였다. 따라서 산불로 인하여 발생된 상부 토층의 공학적 특성 변화를 조사하기 위하여 완전연소구간, 중간연소구간 및 산불미발생구간에 대한 시험결과를 서로 비교 분석하였다.

Fig. 11은 각 구간별 토질의 비중을 도시하여 비교한 것으로 그림에서 점선은 각 구간에서의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 완전연소구간 및 중간연소구간의 평균 비중은 2.57로 동일하며, 산불미발생구간의 평균 비중은 2.67인 것으로 나타났다. 따라서 완전 및 중간연소구간에서의 비중은 산불미발생구간에서의 비중보다 작게 발생됨을 알 수 있으며, 이는 산불로 인한 영향으로 추측할 수 있다. 즉, 산불로 인하여 토질의 광물학적 성분 변화, 흡입자 표면의 전기력 및 이온성분 변화 등이 발생한 것으로 판단된다.

Fig. 12는 각 구간별 토질의 유효입경을 비교 도시한

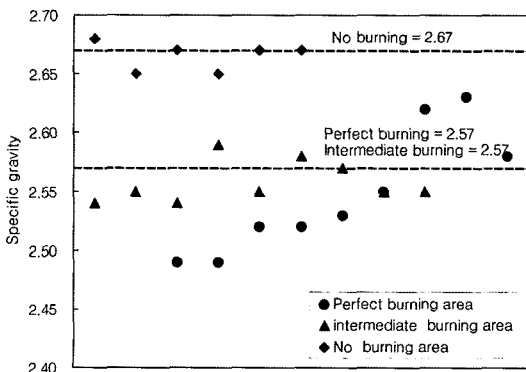


Fig. 11. Comparison with specific gravities in each section.

것으로 그림의 점선은 각 구간에서의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 평균 유효입경은 완전연소구간에서 0.13 mm, 중간연소구간에서 0.12 mm 그리고 산불미발생구간에서 0.15 mm인 것으로 나타났다. 평균적으로는 산불미발생구간에서의 유효입경이 완전 및 중간연소구간에서의 유효입경보다 약간 큰 것으로 나타났으며, 각각에 대한 실험결과를 살펴보면 유효입경은 산불에 의한 영향이 적은 것으로 판단된다.

Fig. 13은 각 구간별 토질의 건조단위중량을 비교 도시한 것으로 그림의 점선은 각 구간에서의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 완전연소구간 및 중간연소구간의 평균 건조단위중량은 각각 1.10t/m³ 및 1.09t/m³으로서 유사하지만 산불미발생구간의 평균 건조단위중량은 1.25t/m³으로 나타났다. 산불미발생구간에서의 건조단위중량이 완전 및 중간연소구간에서의 단위중량보다 크게 발생함을 알 수 있다. 이는 산불의 영향으로 인하여 토질 내 일부 구성성분(유기물 등)이 연소되어 발생된 것으로 사료된다. 산불로 인하여 토층내 유기물함량이 산불 발생전보다 감소한다는 연구결과와 일치함을 알 수 있다(Austin & Baisinger, 1955; Barnette & Hester, 1930; 차순형, 1981)

각 구간별 토질의 투수계수를 산정하기 위하여 변수위 투수시험(KS F 2322-95)을 실시하였다. 현장에서 채취한 토층시료를 실험실로 운반할 때에는 시료가 건조되는 것을 방지하기 위해 밀봉상태를 유지하였으며, 시료를 포화시킬 때는 시료 내에 공기가 포착되지 않도록 밑에서부터 포화시켰다. 그리고 측정의 정확성을 기하기 위해 현장에서의 입자구조를 원래대로 유지하고 시료를 통과한 물이 위로부터 아래방향으로 흐르도록 시험하였

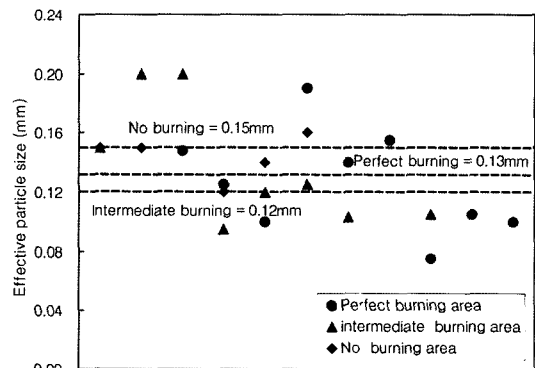


Fig. 12. Comparison with effective grain size in each section.

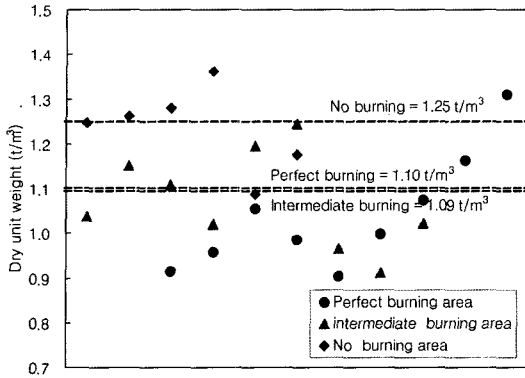


Fig. 13. Comparison with dry unit weights in each section.

다. 변수의 투수시험은 시험장치에 불교란상태의 원통형 시료를 고정시키고, 물이 시료를 통하여 아래로 투수되도록 하여 일정한 양으로 통과하는데 소요되는 시간, 물의 양, 수두차, 시료의 길이 및 단면적 등을 측정하였다. 이들 각각의 측정치를 규정에 의한 공식에 적용하여 투수계수를 산정하였다.

Fig. 14는 각 구간별 토질의 투수계수를 함께 비교 도시한 것으로 그림의 점선은 각 구간에서의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 투수계수는 완전연소구간에서 $4.01 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 로서 가장 크게 나타났으며, 중간연소구간에서 $1.47 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$, 산불미발생구간에서는 $1.60 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 로 작게 나타났다. 산불이 발생하게 되면 표층부의 토질은 유기물의 소각으로 인하여 불투수층을 형성하게 되고 이로 인하여 수분 흡수능력이 저하하게 된다. 그러므로 강우시 지표유출을 증대시키고 토양침식을 가속화하게 된다. DeBano et al. (1967)에 의하면 산불 발생시 불투수층이 형성되는 온도는 $200 \sim 370^\circ\text{C}$ 이며, 그 이상의 온도에서는 불투수층의 파괴가 발생된다고 보고한 바 있다. 본 투수실험결과에 의하면 중간연소구간에서 투수계수가 가장 작게 발생된 이유는 산불로 인한 불투수층의 형성에 기인한 것으로 판단되며, 완전연소구간에서 투수계수가 가장 크게 발생된 이유는 산불로 인한 불투수층이 강한 온도로 인하여 파괴가 발생되었기 때문으로 판단된다. 즉, 완전연소구간에서는 불투수층이 형성되는 $200 \sim 370^\circ\text{C}$ 의 온도를 초과하므로 투수계수가 급격하게 증가하는 것으로 예측할 수 있다.

결 론

산불이 발생될 경우 상부 토층의 공학적 특성을 변화

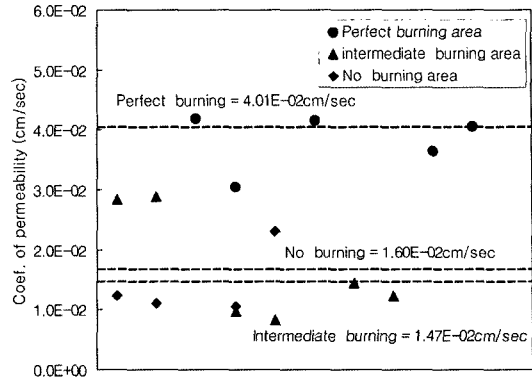


Fig. 14. Comparison with coefficients of permeability in each section.

시키게 되고, 이러한 변화는 산사태의 발생요인으로 작용하게 된다. 따라서 2005년 산불이 발생된 강원도 양양일대를 대상으로 토질시료를 채취하여 각종 토질시험을 실시하였다. 이를 위하여 산불이 일어난 발생직후 현장을 방문하여 완전연소구간, 중간연소지역, 산불미발생구간을 대상으로 각각 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 각종 토질시험을 통하여 산불지역 토질의 공학적 특성을 조사하였으며, 이들 결과는 다음과 같다.

(1) 완전 및 중간연소구간에서의 비중은 산불미발생구간에서의 비중보다 작게 발생된다. 이는 산불로 인하여 흙의 광물학적 성분 변화, 흡입자 표면의 전기력 및 이온성분 변화 등이 발생한 것으로 판단된다.

(2) 각 구간에서의 유효입경은 모두 비슷한 값을 갖는 것으로 나타났으므로, 토질의 유효입경은 산불에 의한 영향이 적은 것으로 판단된다.

(3) 산불미발생구간에서의 건조단위중량은 완전 및 중간연소구간에서의 단위중량보다 크게 발생된다. 이는 산불의 영향으로 인하여 토질 내 일부 유기물 함량의 감소로 인하여 발생된 것으로 판단된다.

(4) 투수계수는 중간연소구간에서 작게 나타나고, 완전연소구간에서는 가장 크게 나타난다. 산불이 발생될 경우 토층상부에는 불투수성의 막이 형성되는데 이는 중간연소구간에서는 존재하지만 완전연소구간에서와 같이 높은 온도에서는 파괴가 일어나게 됨을 확인할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명 : 산사태재해 예측 및 저감기술개발) 연구비 지원

으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 산림청, 2005, 2005년 봄철 산불방지 종합대책
 박동균, 2005, 양양 산불사고 대응사례를 통해 본 한국
 위기관리행정의 문제점, 한국공안행정학회보, 20, 223-
 253.
 차순형, 1981, 산화적지의 토양 변화와 관리, 산림, 189,
 44-50.
 Ahlgren, I.F. and Ahlgren, C.E., 1960, Ecological effects
 of forest fires, Bot. Rev., 26, 431-445.
 Austin, R.C. and Baisinger, D.H., 1955, Some effects of
 burning on forest soils of western Oregon and Wash-
 ington, J. Forestry, 53, 275-280.
 Barnette, R.M. and Hester, J.B., 1930, Effect of burning
 on the accumulation of organic matter in forest soils,
 Soil Sci., 29, 282-284.
 Bissonnais, Y.L. and Michael, J.S., 1992, Crust runoff
 and erosion to soil eater content and successive
 rainfalls", Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 1898-1903.
 Cannon, S.H., Kirkham, R.M. and Parise, M., 2001,
 Wildfire-related debris-flow initiation process, Storm
 King Mountain, Colorado., Geomorphology, 39, 171-
 188.
 Certini, G., 2005, Effect of fire on properties of forest
 soils: a review, Oecologia, 143, 1-10.
 Das, B.M., 1998, Principles of geotechnical engineering,
 4th Edition, PWS.
 DeBano, L.F., Osborn, J.F., Krammes, J.S. and Letey, J.,
 1967, Soil wettability and wetting agents - our cur-
 rent knowledge of the problem, Pacific Southwest
 Forest & Range Experiment Station, Report PSW-
 43, Forest Service, 13p.
 Doerr, S.H. and Cerda, A., 2005, Fire effects on soil sys-

tem functioning: new insight and future challenges,
 International Journal of Wildland Fire, 14, 339-342.

2007년 4월 7일 원고접수, 2007년 6월 14일 게재승인

송영석

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
 305-350 대전광역시 유성구 가정동 30
 Tel: 042-868-3035
 Fax: 042-861-9723
 E-mail: yssong@kigam.re.kr

채병곤

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
 305-350 대전광역시 유성구 가정동 30
 Tel: 042-868-3052
 Fax: 042-861-9723
 E-mail: bgchae@kigam.re.kr

김경수

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
 305-350 대전광역시 유성구 가정동 30
 Tel: 042-868-3054
 Fax: 042-861-9723
 E-mail: kks@kigam.re.kr